

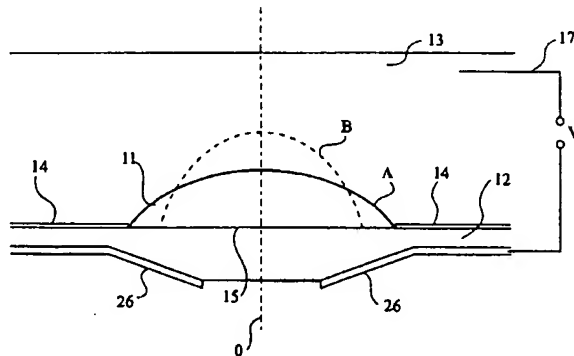
**PCT**ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G02B 3/14, 26/02</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/18456</b> (43) Date de publication internationale: 15 avril 1999 (15.04.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/02143 (22) Date de dépôt international: 7 octobre 1998 (07.10.98) (30) Données relatives à la priorité: 97/12781                  8 octobre 1997 (08.10.97)                  FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): UNIVERSITE JOSEPH FOURIER [-/FR]; 621, avenue Centrale, Boîte postale 53, F-38041 Grenoble Cedex 9 (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BERGE, Bruno [FR/FR]; 1458, rue de la République, F-38140 Renage (FR). PESEUX, Jérôme [FR/FR]; 2, chemin des Monts de Bregille, F-25000 Besançon (FR). (74) Mandataire: DE BEAUMONT, Michel; Cabinet Conseil, 1, rue Champollion, F-38000 Grenoble (FR).		(81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: LENS WITH VARIABLE FOCUS

(54) Titre: LENTILLE A FOCAL VARIABLE



## (57) Abstract

The invention concerns a lens with variable focus comprising a chamber (12) filled with a first liquid (13), a drop of a second liquid (11) being provided on a first surface zone of the chamber wall, wherein the chamber wall is made of an insulating material, the first liquid is conductive, the second liquid insulating, the first and second liquid are immiscible, with different optical indices and substantially of the same density. Means are provided for positioning said drop in inoperative position on said zone, comprising electrical means for applying a voltage stress between the conductive liquid and an electrode (16) arranged on said wall second surface, and centering means for maintaining the centering and controlling the shape of the drop edge while a voltage is being applied by electrowetting.

**(57) Abrégé**

Lentille à focale variable comprenant une enceinte (12) remplie d'un premier liquide (13), une goutte d'un deuxième liquide (11) étant disposée sur une zone d'une première face d'une paroi de l'enceinte, dans laquelle la paroi de l'enceinte est réalisée en matériau isolant, le premier liquide est conducteur, le deuxième liquide est isolant, le premier et le deuxième liquide sont non miscibles, d'indices optiques différents et sensiblement de même densité, il existe des moyens de positionnement au repos de ladite goutte sur ladite zone, et comprenant des moyens électriques pour appliquer une tension électrique entre le liquide conducteur et une électrode (16) disposée sur la deuxième face de ladite paroi, et des moyens de centrage pour maintenir le centrage et contrôler la forme du bord de la goutte tandis qu'une tension est appliquée, par le phénomène de l'électromouillage.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

## LENTILLE À FOCAL VARIABLE

La présente invention concerne le domaine des lentilles à focale variable, plus particulièrement des lentilles liquides à focale variable contrôlées électriquement.

Un article de B. Berge intitulé "Electrocapillarité et mouillage de films isolants par l'eau" publié en 1993 dans C.R. Acad. Sci. Paris, t. 317, série II, pages 157 à 163, présente un dispositif comprenant une goutte d'un liquide conducteur posée sur un film diélectrique recouvrant une électrode plane. Une tension électrique peut être appliquée entre la goutte de liquide conducteur et l'électrode. Cet article décrit une étude théorique de la variation de la mouillabilité d'un matériau diélectrique vis-à-vis d'un liquide conducteur et montre que la mouillabilité augmente sensiblement en présence d'un champ électrique dû à la tension électrique existant entre le liquide conducteur et l'électrode. Ce phénomène est appelé électromouillage par l'auteur.

Le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5659330 décrit un dispositif d'affichage utilisant le phénomène d'électromouillage pour faire varier la forme d'une goutte d'un liquide conducteur opaque posée sur un diélectrique. Ce document ne suggère pas d'application comme lentille optique.

Un article de Vallet, Berge et Vovelle, "Electrowetting of water and aqueous solutions on poly(ethylene terephthalate)

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

2

insulating films", publié dans Polymer, Vol.37, No. 12, pages 2465 à 2470, 1996, décrit la déformation d'une goutte de liquide conducteur à laquelle est appliquée une tension. Il est indiqué que lorsque la tension appliquée devient importante, les contours  
5 de la goutte deviennent instables, et des microgouttes peuvent être expulsées à la périphérie de la goutte.

Ceci entraîne que les systèmes antérieurs ne sont pas adaptés à la formation de lentilles variables. En outre ces systèmes nécessiteraient une électrode de polarisation transparente  
10 et une connexion pour l'électrode ce qui rend le système difficile à fabriquer ou inefficace.

Un objet de la présente invention est de prévoir une lentille dont la focale peut varier continûment en fonction d'une commande électrique, en utilisant le phénomène d'électro-  
15 mouillage.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir une lentille simple à fabriquer.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir une lentille simple à mettre en oeuvre.

20 Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit une lentille à focale variable comprenant une enceinte remplie d'un premier liquide, une goutte d'un deuxième liquide étant disposée au repos sur une zone d'une première face d'une paroi isolante de l'enceinte, les premier et deuxième liquides étant  
25 non miscibles, d'indices optiques différents et sensiblement de même densité, dans laquelle le premier liquide est conducteur, le deuxième liquide est isolant, et qui comprend des moyens pour appliquer une tension électrique entre le liquide conducteur et une électrode disposée sur la deuxième face de ladite paroi et des  
30 moyens de centrage pour maintenir le centrage et contrôler la forme du bord de la goutte tandis qu'une tension est appliquée.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les moyens de centrage permettent de maintenir continûment le centrage de la goutte et de contrôler continûment la forme du  
35 bord de la goutte tandis qu'une tension variable est appliquée par lesdits moyens pour appliquer une tension électrique.

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

## 3

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la première face est sensiblement plane, la zone de contact est circulaire et centrée sur un axe perpendiculaire à la première face.

5           Selon un mode de réalisation de la présente invention, les moyens de centrage correspondent à un épaississement progressif de la deuxième face de la paroi de l'enceinte vers ledit axe, ladite électrode étant plaquée sur ladite deuxième face.

10           Selon un mode de réalisation de la présente invention, les moyens de centrage correspondent à une décroissance radiale de la mouillabilité vis-à-vis du premier liquide, vers le centre de ladite zone de contact avec le deuxième liquide.

15           Selon un mode de réalisation de la présente invention, les moyens de centrage correspondent à une gradation radiale de la constante diélectrique de ladite paroi de l'enceinte au niveau de ladite zone de contact avec le deuxième liquide.

20           Selon un mode de réalisation de la présente invention, la première face est sensiblement plane, la zone de contact est circulaire et centrée sur un axe perpendiculaire à la première face, et les moyens de centrage sont constitués d'une électrode composée d'une ou plusieurs bandes circulaires concentriques isolées entre elles, centrées sur ledit axe, les bandes circulaires étant alimentées par des sources de tension distinctes de valeur décroissante vers ledit axe.

25           Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'enceinte est cylindrique, la première face est la face intérieure de l'enceinte, la zone de contact avec le deuxième liquide correspond à une section cylindrique de l'enceinte, les moyens de centrage sont constitués d'une ou plusieurs électrodes cylindriques de même diamètre, isolées entre elles, disposées côte à côte contre la face extérieure de l'enceinte au niveau de la frontière de ladite zone de contact, les électrodes étant alimentées par des tensions différentes de valeur décroissante vers le milieu de ladite zone de contact.

35           Selon un mode de réalisation de la présente invention, la première face est sensiblement plane, la zone de contact est

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

4

rectangulaire et symétrique par rapport à un axe perpendiculaire à la première face et les moyens de centrage sont constitués d'une électrode composée d'une ou plusieurs bandes rectangulaires concentriques isolées entre elles, symétriques par rapport audit  
5 axe, les bandes rectangulaires étant alimentées par des sources de tension distinctes de valeur décroissante vers ledit axe.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, ladite paroi est composée de deux plans non parallèles et ladite zone se trouve à cheval sur lesdits deux plans.

10 Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

15 la figure 1 représente un premier mode de réalisation d'une lentille à focale variable selon la présente invention ;

la figure 2 représente un deuxième mode de réalisation d'une lentille à focale variable selon la présente invention ;

20 la figure 3 représente un troisième mode de réalisation d'une lentille à focale variable selon la présente invention ;

la figure 4 représente un quatrième mode de réalisation d'une lentille à focale variable selon la présente invention ;

la figure 5 représente un cinquième mode de réalisation d'une lentille à focale variable selon la présente invention ; et

25 la figure 6 représente un autre mode de réalisation d'une lentille à focale variable selon la présente invention.

La figure 1 représente une vue en coupe simplifiée d'une lentille liquide à focale variable selon un premier mode de réalisation de la présente invention. Une goutte d'un liquide  
30 isolant 11 est posée sur la surface intérieure d'une paroi d'une enceinte diélectrique 12 remplie d'un liquide conducteur 13. Le liquide isolant 11 et le liquide conducteur 13 sont tous les deux transparents, non miscibles, sont d'indices optiques différents et ont sensiblement la même densité. Le diélectrique 12 présente  
35 naturellement une faible mouillabilité vis-à-vis du liquide conducteur 13. Un traitement de surface 14 assurant une forte

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

5

5 mouillabilité de la paroi de l'enceinte diélectrique vis-à-vis du liquide conducteur 13 entoure la zone de contact 15 entre la goutte de liquide isolant 11 et la paroi de l'enceinte 12. Le traitement de surface 14 permet de conserver le positionnement de la goutte 11, pour éviter que le liquide isolant ne s'étale au-delà de la surface de contact souhaitée. Lorsque le système est au repos, la goutte de liquide isolant 11 prend naturellement la forme désignée par la référence A. On appelle O l'axe perpendiculaire à la zone de contact 15, passant par le centre de la zone de contact 15. Au repos, la goutte de liquide isolant 11 est centrée sur l'axe O qui constitue l'axe optique du dispositif. Les éléments du dispositif voisins de l'axe O sont transparents. Une électrode 16, laissant passer la lumière au voisinage de l'axe O, est placée sur la face extérieure de la paroi de l'enceinte diélectrique 12 sur laquelle est située la goutte de liquide isolant 11. Une électrode 17 est en contact avec le liquide conducteur 13. L'électrode 17 peut être immergée dans le liquide 13, ou bien être un dépôt conducteur réalisé sur une paroi interne de l'enceinte 12.

20 Lorsqu'on établit une tension V entre les électrodes 16 et 17, on crée un champ électrique qui, selon le principe d'électromouillage susmentionné, va accroître la mouillabilité de la zone 15 vis-à-vis du liquide conducteur 13. En conséquence, le liquide conducteur 13 se déplace et déforme la goutte de liquide isolant 11. On obtient ainsi une variation de la focale de la lentille.

Cependant le centre de la goutte est susceptible de se déplacer par rapport à l'axe O lors de sa déformation. En outre, le contour de la surface de contact est susceptible de perdre son caractère circulaire lors de la déformation de la goutte. Un aspect de la présente invention est de maintenir la goutte circulaire et centrée sur l'axe O lors de sa déformation en générant un champ électrique décroissant radialement vers le centre de la zone 15.

35 Pour éviter cela, selon un aspect de la présente invention, on prévoit en outre un moyen de centrage de la goutte 11.

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

6

Des exemples d'un tel moyen de centrage apparaissent dans les deuxièmes à sixièmes modes de réalisation de l'invention décrits ci-après.

La figure 2 représente une vue en coupe simplifiée d'une lentille liquide à focale variable selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention. Les éléments tels que la goutte 11, l'axe 0, l'enceinte 12, le liquide conducteur 13, le traitement de surface 14, la zone de contact 15 et l'électrode 17 sont les mêmes que dans le mode de réalisation illustré en figure 1. Les positions A et B correspondent également à la position de repos de la goutte 11 et à la position limite de la goutte 11, respectivement. Dans ce deuxième mode de réalisation, le moyen de centrage est constitué par la génération d'un champ électrique décroissant radialement vers le centre de la zone 15. Pour cela, on prévoit une électrode 26 qui a une surface qui s'éloigne progressivement de la surface de la zone 15 à mesure que l'on se rapproche de l'axe 0. On peut obtenir une telle électrode 26 par exemple en déposant une pellicule métallique sur les parois latérales d'un tronc de cône centré sur l'axe 0, réalisé sur la paroi extérieure de la face de l'enceinte 12 sur laquelle est placée la goutte 11. Une variante de réalisation peut consister à déposer une pellicule métallique à la surface d'une goutte de résine diélectrique transparente centrée sur l'axe 0, fixée sur la paroi extérieure de la face de l'enceinte 12 sur laquelle est placée la goutte 11. On rabote le sommet de la goutte de résine au voisinage de l'axe 0 afin de laisser passer la lumière.

On peut faire croître la tension  $V$  de 0 volt à une tension maximale qui dépend des matériaux utilisés. Lorsque la tension maximale est atteinte, la goutte de liquide isolant 11 atteint une position limite (désignée par la référence B). Lorsque l'on fait varier  $V$  continûment entre 0 volt et sa valeur maximale, la goutte de liquide isolant 11 se déforme continûment de la position A à la position B. On notera que, la goutte 11 étant en un liquide isolant, il ne se produit pas de microgouttes à sa périphérie quand la tension est élevée, contrairement à ce qui se



WO 99/18456

PCT/FR98/02143

7

produirait si la goutte était en un liquide conducteur (voir l'article susmentionné de Vallet, Berge et Vovelle).

La figure 3 représente une vue en coupe simplifiée d'une lentille liquide à focale variable selon un troisième mode de réalisation de la présente invention. Les éléments tels que la goutte 11, l'axe 0, l'enceinte 12, le liquide conducteur 13, le traitement de surface 14, la zone de contact 15 et l'électrode 17 sont les mêmes que dans le mode de réalisation décrit en figure 1. Les positions A et B correspondent également à la position de repos de la goutte 11 et à la position limite de la goutte 11 respectivement.

Dans ce troisième mode de réalisation, on dispose sur la face extérieure de la paroi de l'enceinte 12 un ensemble de trois électrodes circulaires concentriques isolées entre elles 35, 36 et 37 d'axe 0. Un potentiel peut être appliqué entre chacune des électrodes 35, 36 et 37 et l'électrode 17, on a indiqué à titre d'exemple des tensions  $V_1$ ,  $V_2$  et  $V_3$ , dont chacune peut varier. Les tensions sont choisies à tout instant de valeur décroissante vers l'axe 0 pour que le champ électrique généré par la mise sous tension des électrodes 35, 36, 37 décroisse radialement vers le centre de la zone 15. Lorsqu'on fait varier continûment les tensions  $V_1$ ,  $V_2$  et  $V_3$  entre 0 volt et leur valeur maximale, la goutte de liquide isolant 11 se déforme continûment entre sa position de repos A et sa position limite B.

Selon une variante de ce troisième mode de réalisation, chaque électrode 35, 36 et 37 peut être reliée par un commutateur soit à une même source de tension  $V$  soit à la masse. Pour une tension  $V$  constante, on fait alors varier la forme de la goutte 11 en faisant varier le nombre d'électrodes sous tension. Dans ce cas la variation de focale est discrète et non continue. On ne peut ainsi obtenir que certaines focales prédéterminées pour la lentille formée par la goutte 11, mais on bénéficie alors d'une commande en tension relativement simple à mettre en oeuvre.

La figure 4 représente une vue en coupe simplifiée d'une lentille liquide à focale variable selon un quatrième mode de réalisation de la présente invention. Les éléments tels que la

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

8

goutte 11, l'axe 0, le liquide conducteur 13, le traitement de surface 14, la zone de contact 15 et les électrodes 16 et 17 sont les mêmes que dans le mode de réalisation décrit en figure 1. Les positions A et B correspondent également à la position de repos  
5 de la goutte 11 et à la position limite de la goutte 11 respectivement.

Dans ce quatrième mode de réalisation, la paroi de l'enceinte diélectrique 52 sur laquelle est posée la goutte de liquide isolant 11 comprend une zone diélectrique circulaire 53,  
10 laissant passer la lumière autour de l'axe 0. La zone 53 présente une faible mouillabilité vis-à-vis du liquide conducteur 13 en l'absence d'un traitement de surface 14. La zone 53 a été traitée de telle manière que sa constante diélectrique varie radialement et continûment vers l'axe 0, et que le champ électrique généré  
15 par la tension V présente un gradient décroissant radialement vers l'axe 0 sur la zone de contact 15. Lorsqu'on fait varier continûment la tension V entre 0 volt et sa valeur maximale, la goutte de liquide isolant 11 se déforme continûment entre sa position de repos A et sa position limite B.

20 La figure 5 représente une vue en coupe simplifiée d'une lentille liquide à focale variable selon un cinquième mode de réalisation de la présente invention. Les éléments tels que la goutte 11, l'axe 0, l'enceinte diélectrique 12, le liquide conducteur 13, la zone de contact 15 et les électrodes 16 et 17 sont  
25 les mêmes que dans le mode de réalisation décrit en figure 1. Les positions A et B correspondent également à la position de repos de la goutte 11 et à la position limite de la goutte 11 respectivement.

Dans ce cinquième mode de réalisation, la surface de la  
30 paroi de l'enceinte diélectrique 12 sur laquelle est posée la goutte de liquide isolant 11 a été traitée sur différentes zones 14, 65, 66 et 67 afin que la mouillabilité des zones 14, 65, 66, 67 vis-à-vis du liquide conducteur 13 décroisse radialement vers l'axe 0. Un potentiel V peut être appliqué entre l'électrode 16  
35 et l'électrode 17. Le champ électrique généré par la tension V accroît la mouillabilité des zones 14, 65, 66 et 67 mais conserve

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

9

le gradient initial de mouillabilité. Lorsque la tension  $V$  évolue entre 0 V et sa valeur maximale, la forme de la goutte de liquide isolant 11 évolue continûment entre sa position de repos A et sa position limite B.

5            La figure 6 représente une vue en coupe simplifiée d'un autre mode de réalisation de la présente invention dans lequel un liquide isolant 11 occupe la partie inférieure de l'enceinte diélectrique cylindrique et est recouvert d'un liquide conducteur 13. L'enceinte est désignée par la référence 12. Les matériaux  
10            composant les éléments 11, 12 et 13 sont les mêmes que dans les modes de réalisation précédents.

          Un traitement de surface 14 assurant une forte mouillabilité de la paroi interne de l'enceinte 12 vis-à-vis du liquide conducteur 13 est réalisé au-dessus de la zone de contact 15 entre le liquide 11 et la paroi interne de l'enceinte 12. Le traitement de surface 14 permet de conserver le positionnement du liquide 11, pour éviter que ce liquide ne s'étale au-delà de la surface de contact. Pour simplifier la description on ne considérera que la partie supérieure du liquide 11, que l'on appellera,  
15            comme dans les modes de réalisation précédents "goutte 11". Lorsque le système est au repos, la goutte de liquide isolant 11 prend naturellement la forme désignée par la référence A. On appelle 0 l'axe de l'enceinte 12. Au repos, la goutte de liquide isolant 11 est centrée sur l'axe 0 qui constitue l'axe optique du  
20            dispositif. Plusieurs électrodes 75, 76, 77, 78, 79 sont disposées autour de la paroi extérieure de l'enceinte diélectrique 12 au voisinage de la zone de contact 15. Les électrodes 75, 76, 77, 78, 79 sont isolées entre elles et on établit une tension  $V$  entre l'électrode 75 et une électrode 17 en contact avec le liquide  
25            conducteur 13. Les électrodes 76, 77, 78, 79 sont polarisées par influence capacitive lorsqu'on établit la tension  $V$ . Au niveau de la paroi 12, le champ électrique créé par la tension  $V$  décroît selon un gradient longitudinal depuis l'électrode 75 vers l'électrode 79. Lorsque la tension  $V$  augmente, le liquide conducteur 13  
30            se déplace et déforme la goutte de liquide isolant 11. On obtient ainsi une variation de la focale de la lentille. Le gradient sus-

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

10

mentionné de champ électrique assure que la goutte présente en permanence une symétrie radiale par rapport à l'axe O. Lorsque la tension V évolue entre 0 volt et sa valeur maximale, la goutte de liquide isolant 11 évolue continûment entre sa position de repos  
5 A et sa position maximale B.

L'homme de l'art pourra combiner les caractéristiques apparaissant dans les divers modes de réalisation de l'invention décrits ci-dessus.

De plus, la présente invention est susceptible de di-  
10 verses variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art.

La surface de l'enceinte diélectrique 12 de la figure 1 peut être concave ou convexe, afin d'obtenir une dioptrie particulière du dispositif au repos.

La zone de contact entre la goutte de liquide isolant  
15 et l'enceinte diélectrique peut être traitée pour présenter une forte mouillabilité vis-à-vis du liquide isolant, afin de faciliter le positionnement de la goutte de liquide isolant.

Dans le cas d'une enceinte diélectrique présentant naturellement une forte mouillabilité vis à vis du liquide conducteur, la zone de contact peut être réalisée par un traitement de surface destiné à lui donner une faible mouillabilité vis à vis  
20 du liquide conducteur.

Le traitement de surface 14 peut consister en un dépôt ou un collage d'un film d'un matériau présentant une forte  
25 mouillabilité vis-à-vis du liquide conducteur 13.

L'électrode 16 de la figure 1 peut être remplacée par un liquide conducteur en contact avec la face extérieure de l'enceinte 12, la tension V étant alors établie entre ce liquide conducteur et le liquide 13.

30 On pourra réaliser un dispositif comportant un réseau formé de groupes de trois lentilles à focale variable, commandées séparément, colorées en rouge, vert, bleu, fonctionnant par exemple en tout ou rien, permettant de laisser passer ou d'arrêter la lumière provenant d'une source unique de lumière blanche, formant  
35 ainsi un écran couleur lumineux pouvant être de très grande taille et de coût modéré.

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

11

On pourra réaliser un dispositif dans lequel les moyens de centrage susmentionnés ne sont plus utilisés pour maintenir la goutte 11 circulaire tout au long de sa déformation, mais au contraire pour la faire passer d'une forme de repos, déterminée par exemple par la forme du traitement de surface 14, à une forme en fonctionnement, déterminée par exemple par le contour de l'électrode 16. On pourra ainsi créer une lentille cylindrique à focale variable en utilisant un traitement de surface 14 de forme rectangulaire et des électrodes de centrage 16 de contour rectangulaire.

On pourra appliquer la présente invention à un dispositif à cheval sur plus d'une paroi de l'enceinte 12, la goutte 11 étant disposée par exemple dans un angle ou un coin de l'enceinte 12. Dans cette variante, bien sur, une électrode serait disposée sur la face arrière de chaque paroi en contact avec la goutte 11, au niveau de la zone de contact. Une telle variante permettrait par exemple de réaliser un prisme à déflexion variable.

A titre d'exemple on pourra utiliser comme liquide conducteur 13 de l'eau chargée en sels (minéraux ou autres) ou tout liquide, organique ou non, qui soit conducteur ou rendu tel par ajout de composés ioniques. Comme liquide isolant 11 on pourra utiliser de l'huile, un alcane ou mélange d'alcane, éventuellement halogénés, ou tout autre liquide isolant et non miscible avec le liquide conducteur 13. L'enceinte 12 peut être composée d'une plaque de verre silanisée ou recouverte d'une fine couche de polymère fluoré ou d'une superposition de polymère fluoré, de résine époxy, de polyéthylène.

On utilisera de préférence comme tension V une tension alternative, afin d'éviter l'accumulation de charges électriques dans l'épaisseur du matériau 12, à partir de la surface sur laquelle est posée la goutte 11.

Dans l'exemple d'application de la figure 1, la goutte 11 a un diamètre au repos d'environ 6 mm. Le liquide conducteur 13 et le liquide isolant de la goutte 12 étant sensiblement de même densité, la goutte 12 a la forme d'une calotte sphérique. Lorsqu'elle est au repos (position A), le bord de la goutte 11

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

12

fait un angle d'environ 45 degrés avec la surface de l'enceinte 12. Dans sa position limite (position B), le bord de la goutte 11 fait un angle d'environ 90 degrés avec la surface de l'enceinte 12. Le dispositif décrit, utilisant comme liquide conducteur 13 de l'eau salée d'indice optique 1,35 et comme liquide isolant de la goutte 11 de l'huile d'indice optique 1,45, permet d'obtenir environ 40 dioptries de variation de focale pour une tension appliquée de 250 V et une puissance électrique dissipée de quelques mW. La fréquence de la tension alternative est dans ce cas comprise entre 50 et 10 000 Hz, sa période étant nettement inférieure au temps de réponse du système d'environ quelques centièmes de seconde.

La lentille à focale variable selon la présente invention peut avoir une taille comprise entre quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  et quelques dizaines de mm et peut notamment être appliquée au domaine des systèmes optoélectroniques ou de l'endoscopie.

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

13

REVENDICATIONS

1. Lentille à focale variable comprenant une enceinte (12) remplie d'un premier liquide (13), une goutte d'un deuxième liquide (11) étant disposée au repos sur une zone d'une première face d'une paroi isolante de l'enceinte, les premier et deuxième  
5 liquides étant non miscibles, d'indices optiques différents et sensiblement de même densité, caractérisée en ce que :  
le premier liquide est conducteur ;  
le deuxième liquide est isolant ; et  
en ce qu'elle comprend :  
10 des moyens pour appliquer une tension électrique entre le liquide conducteur et une électrode (16 ; 26 ; 35-37 ; 75-79) disposée sur la deuxième face de ladite paroi ; et  
des moyens de centrage pour maintenir le centrage et contrôler la forme du bord de la goutte tandis qu'une tension est  
15 appliquée.
2. Lentille à focale variable selon la revendication 1, dans laquelle les moyens de centrage permettent de maintenir continûment le centrage de la goutte et de contrôler continûment la forme du bord de la goutte tandis qu'une tension variable est ap-  
20 pliquée par lesdits moyens pour appliquer une tension électrique.
3. Lentille à focale variable selon la revendication 2, dans laquelle la première face est sensiblement plane, la zone de contact (15) est circulaire et centrée sur un axe (0) perpendiculaire à la première face.
- 25 4. Lentille à focale variable selon la revendication 3, dans laquelle les moyens de centrage correspondent à un épaississement progressif de la deuxième face de la paroi de l'enceinte vers ledit axe, ladite électrode (26) étant plaquée sur ladite deuxième face.
- 30 5. Lentille à focale variable selon la revendication 3, dans laquelle les moyens de centrage correspondent à une décroissance radiale de la mouillabilité vis-à-vis du premier liquide (13), vers le centre de ladite zone de contact (15) avec le deuxième liquide.

WO 99/18456

PCT/FR98/02143

14

6. Lentille à focale variable selon la revendication 3, dans laquelle les moyens de centrage correspondent à une gradation radiale de la constante diélectrique de ladite paroi de l'enceinte (53) au niveau de ladite zone de contact (15) avec le  
5 deuxième liquide.

7. Lentille à focale variable selon la revendication 1, dans laquelle la première face est sensiblement plane, la zone de contact (15) est circulaire et centrée sur un axe (O) perpendiculaire à la première face, et où les moyens de centrage sont constitués d'une électrode composée d'une ou plusieurs bandes circulaires concentriques (35-37) isolées entre elles, centrées sur  
10 ledit axe, les bandes circulaires étant alimentées par des sources de tension distinctes de valeur décroissante vers ledit axe.

8. Lentille à focale variable selon la revendication  
15 1, dans laquelle l'enceinte est cylindrique, la première face est la face intérieure de l'enceinte, la zone de contact avec le deuxième liquide correspond à une section cylindrique de l'enceinte, les moyens de centrage sont constitués d'une ou plusieurs électrodes cylindriques de même diamètre, isolées entre elles,  
20 disposées côte à côte contre la face extérieure de l'enceinte au niveau de la frontière de ladite zone de contact, les électrodes étant alimentées par des tensions différentes de valeur décroissante vers le milieu de ladite zone de contact.

9. Lentille à focale variable selon la revendication  
25 1, dans laquelle la première face est sensiblement plane, la zone de contact (15) est rectangulaire et symétrique par rapport à un axe (O) perpendiculaire à la première face et les moyens de centrage sont constitués d'une électrode composée d'une ou plusieurs bandes rectangulaires concentriques isolées entre elles, symétriques par rapport audit axe (O), les bandes rectangulaires étant  
30 alimentées par des sources de tension distinctes de valeur décroissante vers ledit axe.

10. Lentille à focale variable selon la revendication 1 dans laquelle ladite paroi est composée de deux plans non parallèles et dans laquelle ladite zone se trouve à cheval sur lesdits  
35 deux plans.



WO 99/18456

1 / 3

PCT/FR98/02143

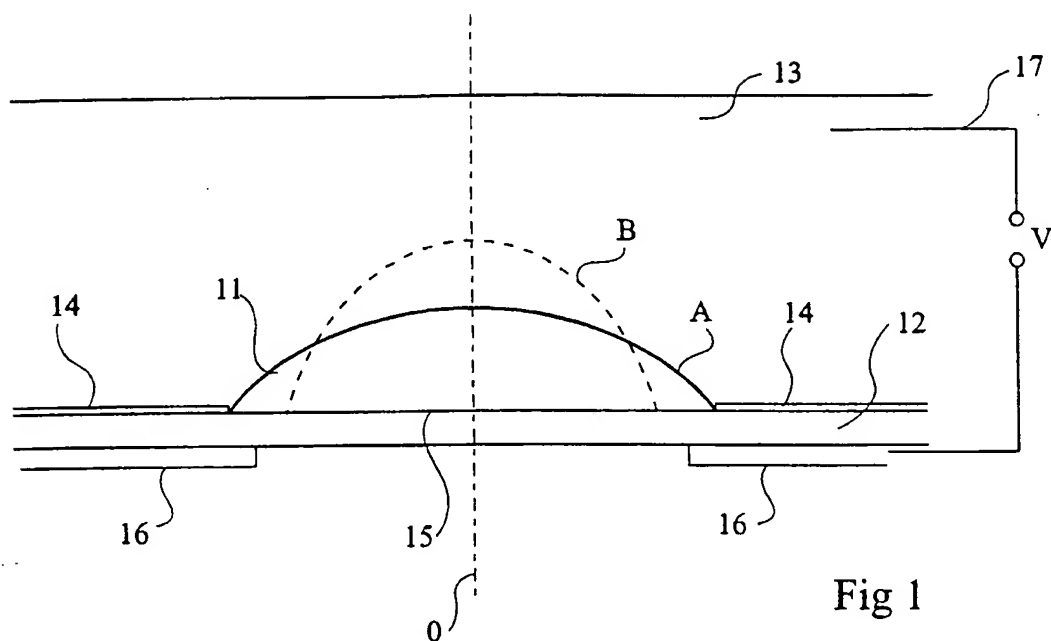


Fig 1

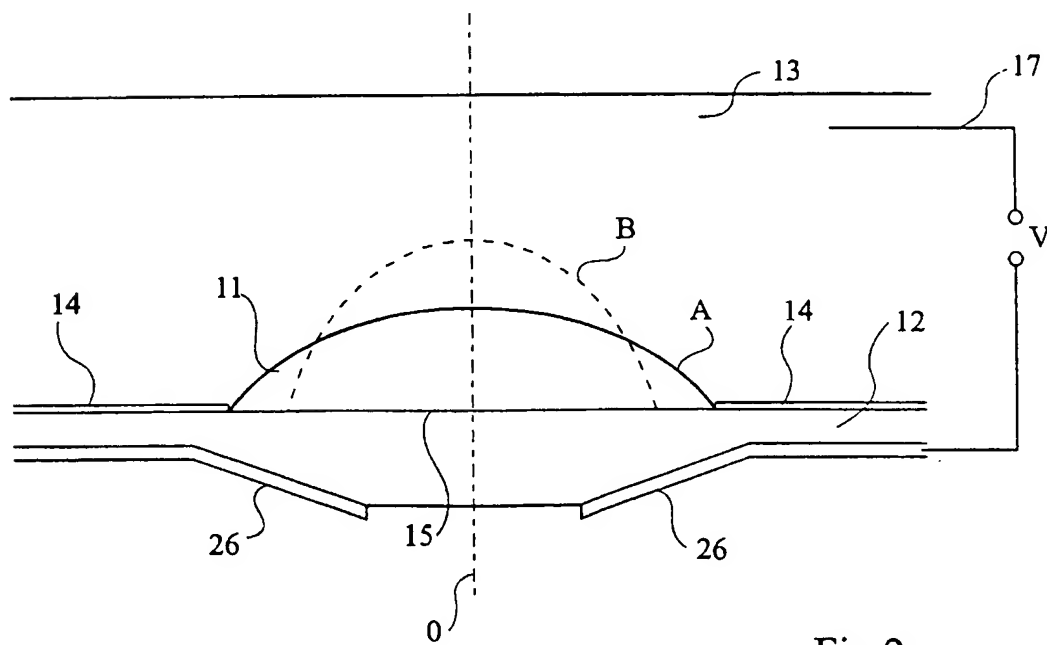


Fig 2

WO 99/18456

2 / 3

PCT/FR98/02143

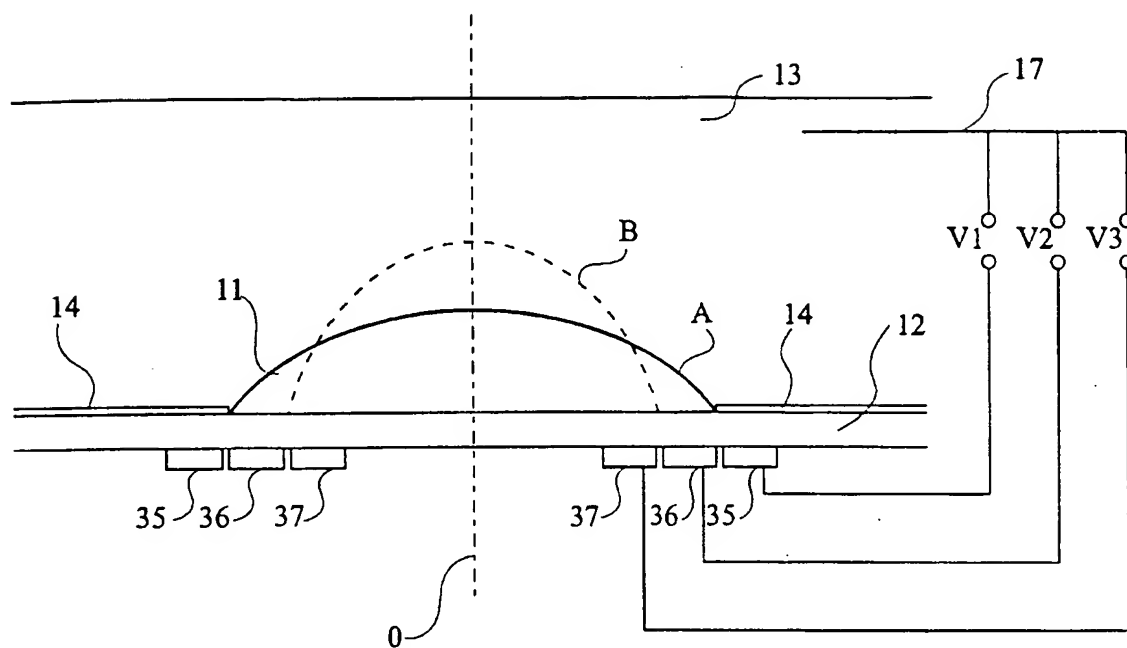


Fig 3

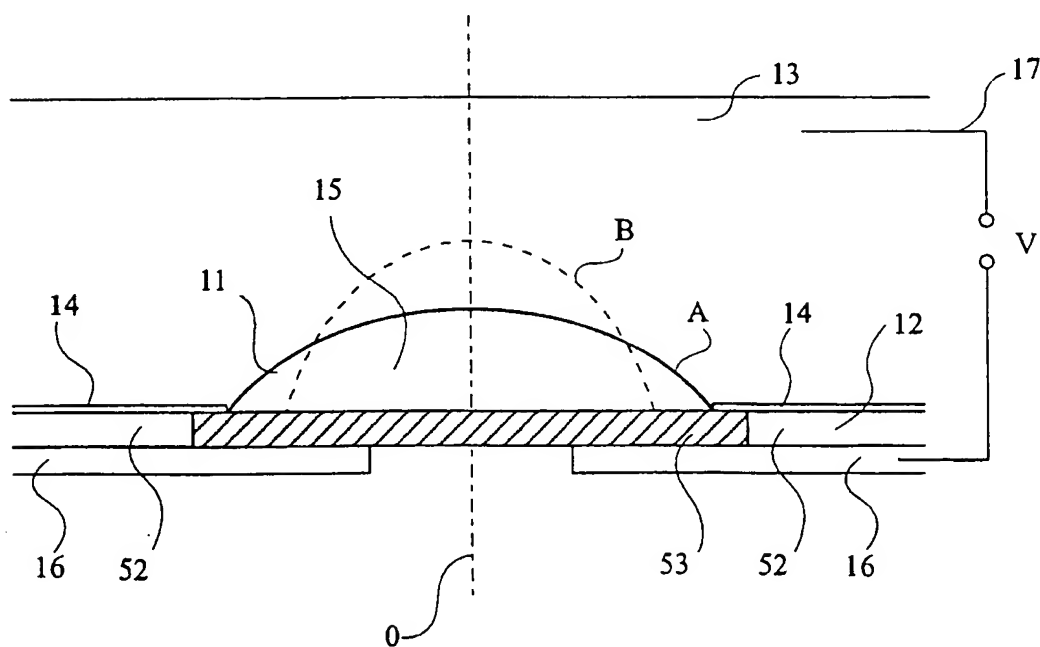


Fig 4

WO 99/18456

3 / 3

PCT/FR98/02143

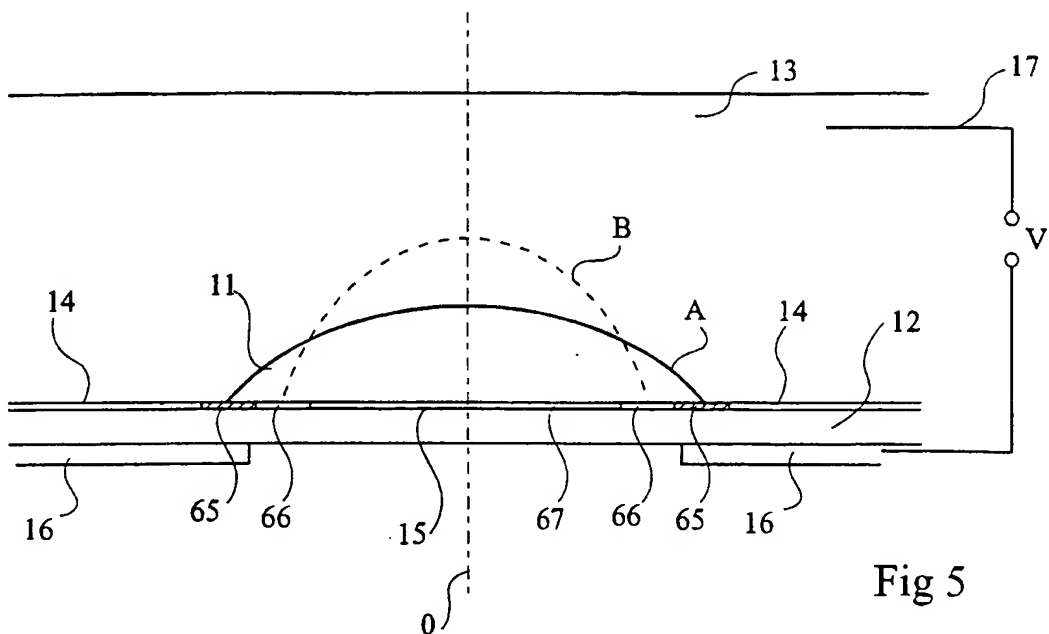


Fig 5

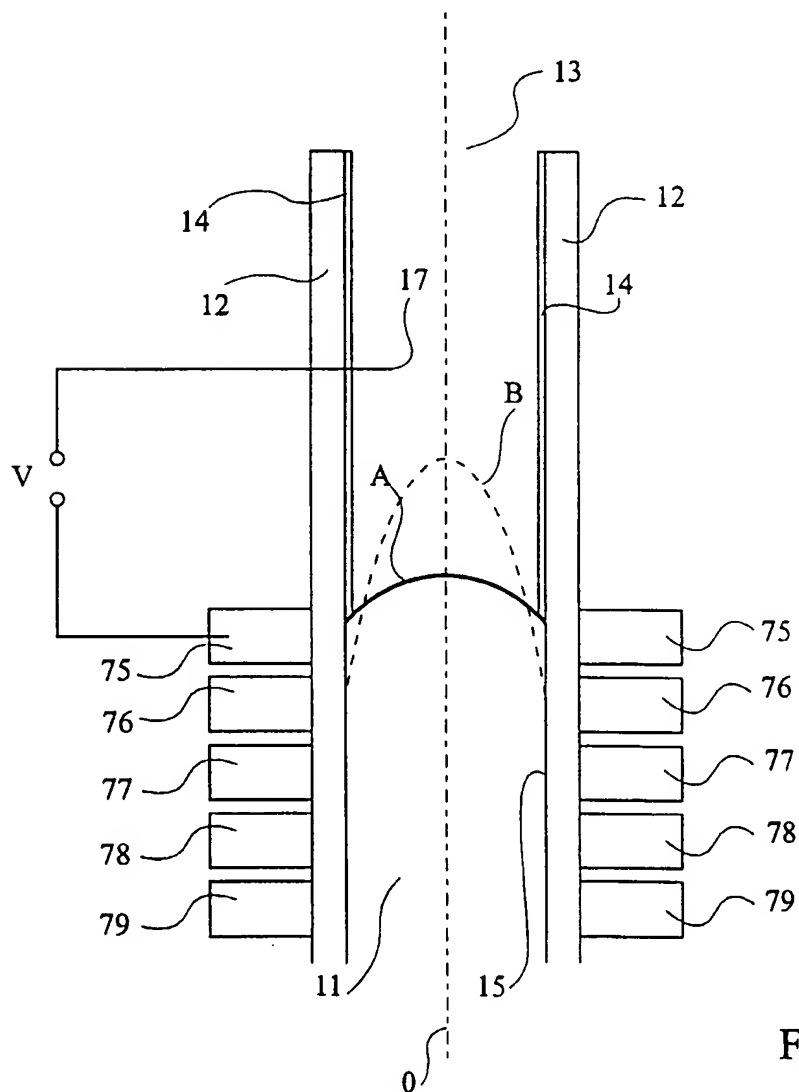


Fig 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int lonal Application No

PCT/FR 98/02143

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G02B3/14 G02B26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B G02F G09F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 822 886 A (MATZ CHARLES H) 10 January 1937 see column 2, line 68 - line 97; figure 1 ---	1
A	US 4 030 813 A (KOHASHI TADAO ET AL) 21 June 1977 see abstract; figure 3 ---	1
A	US 5 659 330 A (SHERIDON NICHOLAS K) 19 August 1997 cited in the application see figure 1 see column 3, line 39 - line 47 see column 6, line 4 - line 5 --- -/--	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 1998

Date of mailing of the international search report

28/12/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ciarrocca, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 98/02143

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SHERIDON N K: "ELECTROCAPILLARY IMAGING DEVICES FOR DISPLAY AND DATA STORAGE" XEROX DISCLOSURE JOURNAL, vol. 4, no. 3, May 1979, page 385/386 XP002037058 see the whole document ---	1
A	BERGE B: "Électrocapillarité et mouillage de films isolants par l'eau" COMPTES RENDUS DES SEANCES DE L'ACADEMIE DES SCIENCES, vol. 317, no. 2, 22 June 1993, pages 157-163, XP002068041 PARIS cited in the application see figure 1 -----	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 98/02143

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 822886	A	10-01-1937	NONE
US 4030813	A	21-06-1977	JP 1177894 C 30-11-1983
			JP 52029751 A 05-03-1977
			JP 58008489 B 16-02-1983
			JP 1079420 C 25-01-1982
			JP 51099045 A 01-09-1976
			JP 56019614 B 08-05-1981
			CA 1044816 A 19-12-1978
US 5659330	A	19-08-1997	NONE

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De le Internationale No

PCT/FR 98/02143

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 G02B3/14 G02B26/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G02B G02F G09F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 822 886 A (MATZ CHARLES H) 10 janvier 1937 voir colonne 2, ligne 68 - ligne 97; figure 1 ---	1
A	US 4 030 813 A (KOHASHI TADAO ET AL) 21 juin 1977 voir abrégé; figure 3 ---	1
A	US 5 659 330 A (SHERIDON NICHOLAS K) 19 août 1997 cité dans la demande voir figure 1 voir colonne 3, ligne 39 - ligne 47 voir colonne 6, ligne 4 - ligne 5 --- -/--	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 décembre 1998

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28/12/1998

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Ciarrocca, M

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De l'Office International No  
PCT/FR 98/02143

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	SHERIDON N K: "ELECTROCAPILLARY IMAGING DEVICES FOR DISPLAY AND DATA STORAGE" XEROX DISCLOSURE JOURNAL, vol. 4, no. 3, mai 1979, page 385/386 XP002037058 voir le document en entier ---	1
A	BERGE B: "Électrocapillarité et mouillage de films isolants par l'eau" COMPTES RENDUS DES SEANCES DE L'ACADEMIE DES SCIENCES, vol. 317, no. 2, 22 juin 1993, pages 157-163, XP002068041 PARIS cité dans la demande voir figure 1 -----	1



**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Der e Internationale No

PCT/FR 98/02143

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 822886 A	10-01-1937	AUCUN	
US 4030813 A	21-06-1977	JP 1177894 C	30-11-1983
		JP 52029751 A	05-03-1977
		JP 58008489 B	16-02-1983
		JP 1079420 C	25-01-1982
		JP 51099045 A	01-09-1976
		JP 56019614 B	08-05-1981
		CA 1044816 A	19-12-1978
US 5659330 A	19-08-1997	AUCUN	